

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-135
補助事業名 平成26年度電動アシスト自転車の前後輪独立駆動による安定化制御補助事業
補助事業者名 境野翔

1 研究の概要

電動アシスト自転車は環境負荷が非常に小さく、かつ健康増進にも寄与できる未来型モビリティである。本事業では電動アシスト自転車を前後輪独立駆動とすることでこれまで不可能であった、高度なセンシングや制御を実現する。本研究課題では、人間のペダリングトルクセンサレスで推定する手法と、前輪と後輪の制御入力を適切に変換することで、省エネルギーかつスリップを抑圧できる制御手法を開発した。

2 研究の目的と背景

化石燃料の多くを消費している自動車をより良いシステムへと代替することは、安定で持続的な社会の構築における急務である。また、日本では都市部の人口過密が激しく交通渋滞緩和も求められている。一方、自転車は非常に環境負荷が低く、同時に交通渋滞の緩和に貢献可能である。特に、電動アシスト自転車は負荷トルクを軽減できるため、女性や高齢者などでも容易に運転可能であるため、少子高齢化社会を迎えている日本において最適の乗り物と考えられる。よって、本事業では電動アシスト自転車にこれまでにない付加価値を想像することで、日本の都市型モビリティとして自動車から自転車への代替を推し進めることを最終的な目標とする。

3 研究内容

前後輪独立駆動型電動アシスト自転車の開発

本事業では、図1に示す前輪と後輪を駆動可能な電動アシスト二輪車を開発した。これにより、前輪での制御と前輪での速度と力の計測が可能になり、高度な制御とセンシングを実現する。ハンドルにはモータを用いないが、角度センサを実装することで操舵角を計測した。車体後部に制御用PCを配置した。最終的な製品版では小型のマイコンなどで代用するため、このような大掛かりな計算機は必要なくなる。



図1. 前後輪独立駆動電動アシスト自転車

① トルクセンサレスでのペダリングトルク推定の研究

(<http://sakainolab.ees.saitama-u.ac.jp/research.php>)

電動アシスト自転車の後輪には、人間が加えるペダリングトルク・後輪モータが発揮するトルク・地面への駆動トルク、この三者が同時に加わっているため、そこからペダリングトルクのみを抽出して推定することは非常に困難である。さらに、前輪と後輪にかかる垂直抗力は加減速や人間の体重移動などで一定でない上に駆動トルクを変動させること、風や坂などの走行抵抗が駆動トルクに外乱として影響を与えること、などがペダリングトルクの推定を困難にしている。

一方、前輪には人間のペダリングトルクが印加されていない。ペダリングトルクとモータの駆動トルクと地面への駆動トルクは異なった周波数特性を持っている。車体の加速度には走行抵抗が大きく影響する。前輪と後輪の車輪速度を等しくすると前輪と後輪の摩擦係数が等しくなる。本研究課題では、この4つの特性を利用した上で、逐次最小二乗法を用いて、ペダリングトルク、前後輪の垂直抗力、走行抵抗のリアルタイム推定を実現する技術を開発した。図2に実験におけるペダリングトルクの推定結果を示す。緑線が真値、赤線が推定値である。十分なSN比を得ることができなかつたため、ペダリングトルクを推定できるまで2秒ほどかかってしまっているが、その後はリアルタイムでのペダリングトルク推定が可能になった。今回の試作機は車体の剛性が低かったことと、重心が高かったこと、チェーンドライブであったためトルク推定精度が劣化したこと、等が推定におけるノイズとなってしまったので、今後は機構を改善することで推定精度の向上を目指す。

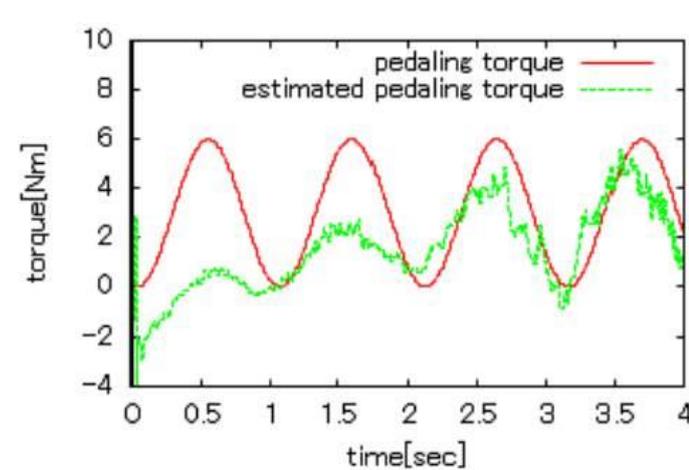


図2. ペダリング推定結果

② 走行安定化制御の研究

(<http://sakainolab.ees.saitama-u.ac.jp/research.php>)

二輪駆動になるため、一輪あたりの駆動力が約半減され構造的に滑りにくい。さらに、前輪と後輪の速度差を制御する速度制御系の座標と、車体の進行方向の駆動力を制御する力制御系に分離して制御する制御則を開発した。この制御則によりさらにスリップを防止することが可能になる。また、スリップしづらい状態を常に維持することで、車輪から地面に伝わる駆動力が大きくなり、結果として走行時の消費電力を低減することが可能になる。図3は、プラスチックシート上に石鹼水を塗布し滑りやすくした路面での実験風景であるが、ここにおいても安定した旋回走行を実現できている。



図3. 低摩擦路における旋回実験

4 本研究が実社会にどう活かされるか - 展望

自転車の普及を進めることは、環境問題や交通渋滞などに悩まされる日本において急務である。特に、高齢者にも容易に運転可能である電動アシスト自転車の普及率を広めることが重要である。しかし、電動アシスト自転車は必ずしも安全な乗り物ではなく、運動能力に劣る高齢者が利用するには、安定性を向上しなければならない。このような背景のもと、本事業で用いた制御技術を応用することで、特に危険性の高い低摩擦路においても安定して走行することが可能になる。

このように、安心・安全な乗り物として電動アシスト自転車を社会が認知することでその普及率が高まり、環境負荷・交通負荷の非常に高かった自動車交通システムを中心であった日本において、電動アシスト自転車を中心とした新しいモビリティが広まり、21世紀型の交通システムを構築するための一助となることができる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者境野翔は、遠隔手術支援ロボットの制御に代表される人間と機械の協調制御についてこれまで研究してきた。本事業はそれをさらに一般化し、モビリティの領域においても人間機械協調を実現するものである。

本事業の研究成果では、走行安定性の向上やセンシングなどに限定されていたが、平成²⁷年度より人間の走行時の意思を抽出する研究を開始した。将来的には人間の意思までを考慮した走行アシストを実現する。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【発表論文】

(1) 国際会議

①Hiroyuki Kawajiri, Hiroto Mizoguchi, Sho Sakaino, Toshiaki Tsuji: “Sensorless Pedaling Torque Estimation by Front and Rear Wheels Independently Driven Power Assist Bicycle,” in Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Mechatronics, 364–369, 2015.

(<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7084003>)

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

図1の前後輪独立駆動型電動アシスト自転車を作成した。

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 埼玉大学工学部境野研究室（サイタマダイガクコウガクブサカイノケンキュウシツ）

住 所： 〒336-0015

さいたま市桜区下大久保255

申 請 者： 助教 境野翔（フリガナ）サカイノショウ

担 当 部 署： 工学部（フリガナ）コウガクブ

E - m a i l： sakaino@mail.saitama-u.ac.jp

U R L： <http://sakainolab.ees.saitama-u.ac.jp/>